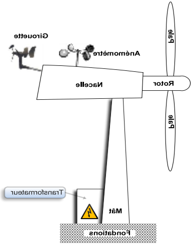
المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
المركز الوطني للتقويم والامتحانات والتوجيه

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
الدورة العادية 2013
الموضوع

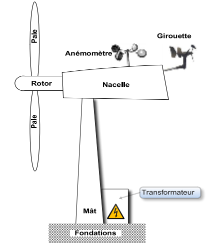


NS46

4	مدة الإنجاز	علوم المهندس	المادة
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الشعب(ة) أو المسلك



Éolienne (Aérogénérateur)



☞ ***Le sujet comporte au total 17 pages.***
☞ ***Le sujet comporte 3 types de documents :***

- *Pages **01** à **08** : socle du sujet comportant les situations d'évaluation (SEV) ; (Couleur **Jaune**)*
- *Pages **09** et **10** : Documents ressources portant la mention* **DRES XX** *(Couleur **Rose**) ;*
- *Pages **11** à **17**: Documents réponses portant la mention* **DREP XX** *(Couleur **blanche**).*

Le sujet comporte 4 situations d'évaluation (SEV) :

- ***SEV1*** *: ANALYSE FONCTIONNELLE. ……………………………………………… **(sur 8 points)***
- ***SEV2*** *: ÉTUDE DE LA TRANSMISSION DE PUISSANCE. …………………………… **(sur 18 points)***
- ***SEV3*** *: ÉTUDE ÉNERGÉTIQUE. ……………………………………………… **(sur 26 points)***
- ***SEV4*** *: ÉTUDE DE LA COMMANDE DU FREIN. ……………………………… **(sur 28 points)***

Les 4 SEV sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre quelconque après lecture de la définition, de la description et du fonctionnement du système en page 2.

***La numérotation des questions est progressive et continue :** de la question **Q1** à la question **Q39**.*

☞ ***Toutes les réponses doivent être rédigées sur les documents réponses :*** **DREP XX**.

☞ ***Les pages portant en haut la mention*** **DREP XX** ***(Couleur Blanche) doivent être obligatoirement jointes à la copie du candidat même si elles ne comportent aucune réponse.***

☞ ***Le sujet est noté sur 80 points.***

☞ ***Aucun document n'est autorisé ;***

☞ ***Sont autorisées les calculatrices de poche y compris celles programmables.***

I DEFINITION de L'EOLIENNE

Une éolienne ou aérogénérateur est un système qui permet de produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie cinétique du vent.

II DESCRIPTION

*L'éolienne est principalement constituée : (voir **figures 1** et **2** sur **DRES 01** page **09**)*

- *d'une **Hélice tripale (trois pales)**,*
- *d'un **multiplicateur de vitesse** intégrant un frein à disque à manque de courant,*
- *d'un **alternateur triphasé GS**,*
- *d'un **système (non représenté)** permettant d'orienter la nacelle et les pales,*
- *d'un **mât** qui soutient l'éolienne,*
- *d'une **girouette** et d'un **anémomètre**, situés sur le toit de la nacelle, fournissent les informations nécessaires pour orienter correctement l'éolienne de façon automatique : l'anémomètre capte la vitesse du vent tandis que la girouette en détecte la direction,*
- *d'un **système électronique de commande** et de contrôle à base d'un module logique programmable **Zelio** modèle **SR2 B121BD** gérant l'ensemble.*

III FONCTIONNEMENT

Les pales, fixées sur le rotor, démarrent à une vitesse du vent $V_{vent} = 4{,}7$ ***m/s.***

Lorsque la vitesse devient $V_{vent} = 15$ ***m/s****, l'éolienne atteint sa puissance nominale.*

L'électrofrein, à manque de courant, agit automatiquement pour arrêter les pales lorsque $V_{vent} > 24{,}7$ ***m/s*** *ou* $V_{vent} < 4{,}7$ ***m/s****; il est relâché quand la vitesse du vent est comprise entre* ***4,7 m/s*** *et* ***24,7 m/s****, comme il peut être relâché manuellement pour une intervention de maintenance de l'éolienne.*

*L'arbre de sortie du multiplicateur de rapport **r** entraîne l'alternateur.*

La tension fournie par l'alternateur permet d'alimenter un réseau domestique, des appareils électriques et permet aussi de charger une batterie d'accumulateurs (stockage de l'énergie) à travers un transformateur monophasé.

IV **SITUATIONS D'EVALUATION**

SEV 1 : Analyse fonctionnelle /8 points

On propose d'appliquer quelques outils de l'analyse fonctionnelle à l'aérogénérateur.
Pour cela le candidat doit lire attentivement la définition, la description et le fonctionnement du système.

- ***Tâche 1 : Expression du besoin.*** *2 pts*
  Q1: *Compléter le diagramme bête à cornes.*
- ***Tâche 2 : Identification des solutions constructives.*** *6 pts*
  Q2: *Compléter le **FAST** partiel de l'éolienne en précisant les solutions constructives adoptées.*

SEV 2 : Étude de la transmission de puissance /18 points

*La rotation de l'hélice de l'éolienne par l'énergie du vent, engendre une vitesse de rotation à l'arbre moteur par rapport au bâti **N_4 = 200 tr/min.***
*Le constructeur envisage d'obtenir une vitesse de rotation **N_1 = 1000 tr/min** au niveau de l'alternateur ; ce qui nécessite la disposition d'un multiplicateur de vitesse à train épicycloïdal entre l'hélice et l'alternateur dont le schéma cinématique est représenté sur la figure (**Fig.3**).*

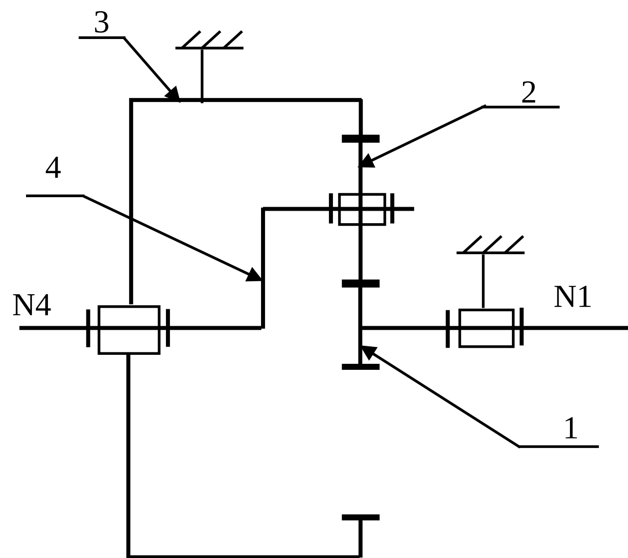


Fig.3

- ***Tâche 1 : détermination des caractéristiques du multiplicateur.***
  Notre but est de déterminer les caractéristiques du multiplicateur afin de répondre aux exigences du constructeur.
  Données :
  - ***P_4 = 20 kW** (puissance à l'entrée du multiplicateur),*
  - ***η = 0,9** (rendement du multiplicateur)*
  - ***Z_3 = 184** dents*

On vous demande de :

Q3: *Calculer le couple d'entrée* C_4. **1 pt**

Q4: *Calculer le couple de sortie* C_1. **1 pt**

Q5: *Déterminer le rapport global* **r** *du train épicycloïdal.* **1 pt**

Q6: *Écrire la formule de la condition d'entraxe à remplir entre* Z_1, Z_2 *et* Z_3 *afin que ce multiplicateur fonctionne correctement.* **1 pt**

Q7: *Déterminer le nombre des dents de satellite* Z_2 *et du planétaire* Z_1. **4 pts**

- ***Tâche 2 : Étude de l'accouplement.***

*Afin d'assurer un accouplement convenable entre l'arbre de l'hélice et l'arbre de train épicycloïdal, on envisage d'utiliser un accouplement élastique défini sur le dessin d'ensemble partiel (**figure : 4 page 13**).*

Compréhension de fonctionnement de ce type d'accouplement :

Q8: *Pourquoi utilise-on un tel accouplement ? citer trois critères de ce choix.* **1,5 pt**

Q9: *Quelle est l'utilité des éléments* **6** *? Quelle matière utilise-t-on pour ces éléments ?* **1 pt**

Q10: *Quelle est la liaison entre l'arbre* **1** *de l'hélice et cet accouplement ? Donner son schéma.* **1 pt**

Q11: *Quel est le rôle de l'élément* **2** *?* **0,5 pt**

- ***Tâche 3 : Travail graphique.***

Q12: *Compléter le dessin d'ensemble (**Fig.4**) en réalisant la liaison complète de cet accouplement avec l'arbre du train épicycloïdal en utilisant une goupille élastique (la coupe locale sur l'arbre* **8** *doit être représentée).* **6 pts**

Remarque : le correcteur tiendra compte de la netteté du dessin.

SEV 3 : Étude énergétique /26 points

- ***Tâche 1 : Étude de l'alternateur.***

Les pales de l'éolienne entrainent, à travers un multiplicateur, le rotor de l'alternateur triphasé. Ce dernier alimente un réseau électrique autonome de **400V** *sur lequel sont branchés :*

- *Des appareils électriques de moyenne puissance (électroménagers et électroniques) ;*
- *Une unité de stockage d'énergie de secours.*

L'alternateur choisi possède les caractéristiques suivantes sur sa plaque signalétique :

S_N =16 kVA ; 230 /400V ; 50 Hz ; N_N =1000 tr/min.

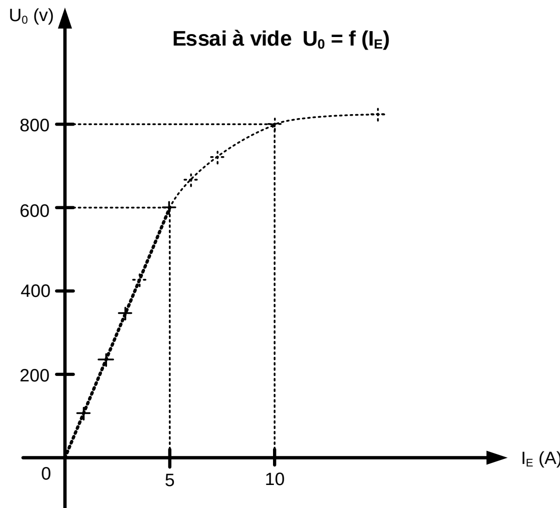
Q13: *Donner le mode de couplage de l'alternateur.* **0,5 pt**

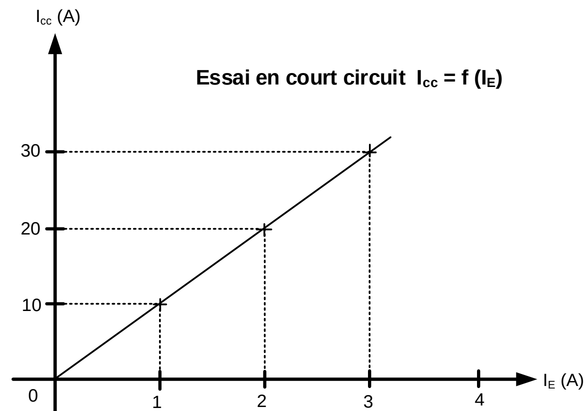
Q14: *Calculer le courant statorique nominal* I_N. **1 pt**

Q15: *Calculer le nombre de paires de pôles* **p**. **0,5 pt**

Pour établir le modèle équivalent d'une phase de l'alternateur, on a procédé aux essais suivants :

- *La mesure de la résistance à chaud aux bornes du stator* **R = 0,6 Ω**, *par la méthode volt-ampéremétrique.*
- *À vide* $U_0 = f(I_E)$ *avec* U_0*=tension entre phases de l'alternateur, et en court-circuit* $I_{cc} = f(I_E)$ *à la vitesse nominale* $N_N = 1000$ **tr/min**.
  Les graphes correspondants à ces essais sont représentés en page suivante.





Q16: *Pour mesurer la résistance **R** compléter le schéma de montage.* **1,5 pts**

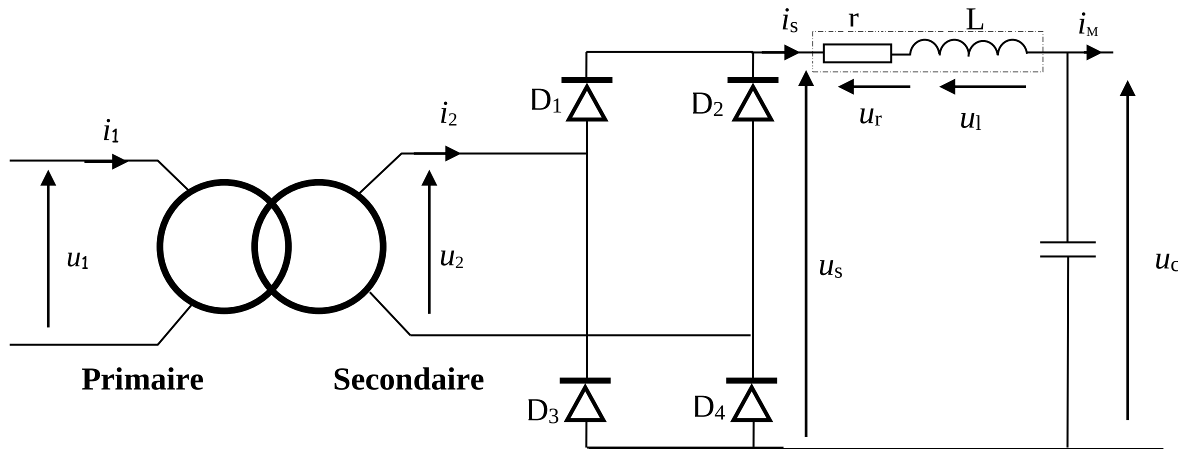
Q17: *Calculer la résistance **Rs** d'un enroulement du stator.* **1 pt**

Q18: *À partir des courbes des essais à vide - sur la partie linéaire - et en court-circuit, donner les expressions des fonctions $U_0 = f(I_E)$ et $I_{CC} = f(I_E)$.* **2 pts**

Q19: *Pour $I_{CC} = I_N$, calculer l'impédance synchrone Z_S d'une phase du stator, puis la réactance X_S.* **3,5 pts**

▪ ***Tâche 2 : Étude du transformateur***

L'alternateur alimente le primaire d'un transformateur monophasé que l'on se propose d'étudier ici.



➢ *Les essais sur le transformateur monophasé ont donné :*

- *A vide :* $U_1 = 230$ V, 50 Hz *(tension nominale du primaire)* ; $U_{20} = 26$ V ; $P_{10} = 10$ W et $I_{10} = 0,2$ A.
- *La méthode volt-ampéremétrique en continu au primaire :* $E = 7,5$ V ; $I_C = 1,5$ A.
- *En court-circuit :* $U_{1CC} = 40$ V ; $P_{1CC} = 20$ W ; $I_{2CC} = I_{2N} = 12$ A.

Q20: *Déterminer le rapport de transformation **m** et le nombre de spires N_2 du secondaire si l'on compte **500** spires au primaire.* **2 Pts**

▪ *À l'aide des résultats de l'essai en continu :*

Q21: *Calculer la résistance R_1 de l'enroulement primaire.* **1 pt**

- *À l'aide des résultats de l'essai à vide, calculer :*

  Q22: *les pertes par effet joule à vide* P_{j0}. **1 pt**

  Q23: *les pertes dans le fer* P_f. **1 pt**

- *À l'aide des résultats de l'essai en court-circuit :*

  Q24: *Calculer la résistance* R_S *des enroulements ramenée au secondaire.* **2pts**

  Q25: *Calculer la réactance* X_S *des enroulements ramenée au secondaire.* **2pts**

  Q26: *Donner le modèle équivalent du transformateur vu du secondaire.* **2pts**

- ***Tâche 3 : Étude du redresseur***

La résistance **r** *de la bobine vaut* ***0,50 Ω*** *et son inductance* **L** *a une valeur suffisante pour que l'intensité* i_s *soit quasiment constante, on notera donc* $i_s = I_s$.

Le condensateur a une capacité de valeur suffisante pour que la tension u_c *soit quasiment constante ; on notera donc* $u_c = U_c$.

Pour le fonctionnement envisagé on a : $U_c = 17\ V$ *et* $I_s = 10\ A$ *; on suppose que les diodes du pont redresseur sont idéales.*

Q27: *Représenter le graphe de la tension* u_s. **1pt**

Q28: *Déterminer la fréquence* **f** *de la tension de sortie* u_s. **1pt**

L'expression de la tension moyenne U_{smoy} *en fonction de* u_2 *est :* $\frac{2 \times U_2 \times \sqrt{2}}{\pi}$.

Q29: *Donner la relation liant* U_{smoy} *à* U_c, I_s *et* **r**. **1pt**

Q30: *Calculer* U_{smoy} *et en déduire la valeur* U_2. **2pts**

SEV 4 : Étude de la commande du frein /28 points

- ***Tâche 1 : Acquisition de la vitesse du vent.***

Pour acquérir la vitesse du vent, on a utilisé un anémomètre qui délivre à sa sortie une tension U_{An} *proportionnelle à la vitesse du vent.*

Structure simplifiée de l'anémomètre figure : 5.

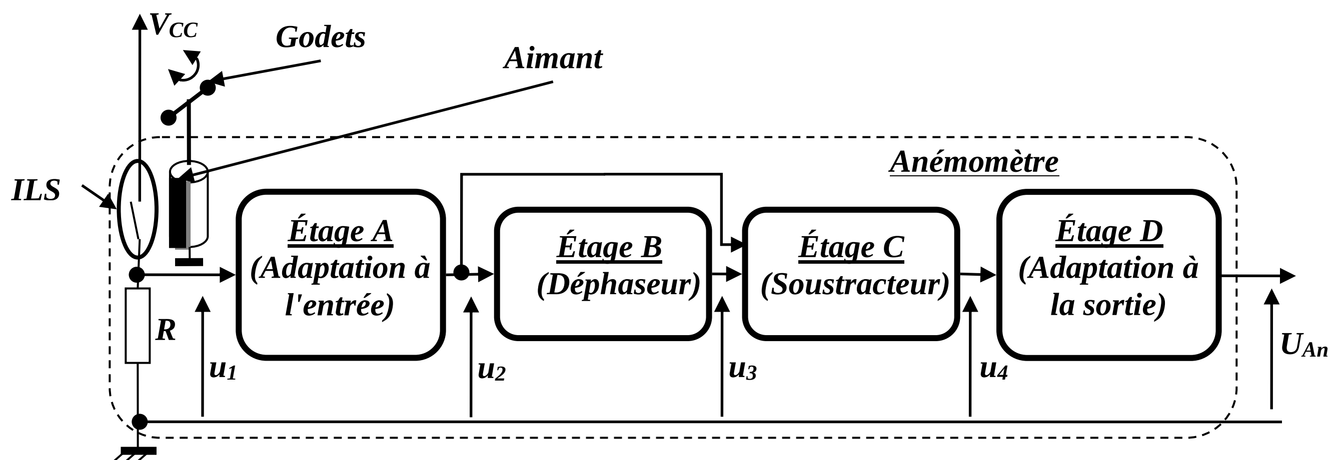


Fig. : 5

*Sous l'effet du vent, les godets de l'anémomètre tournent et entrainent un tambour sur lequel est fixé un aimant qui ferme un circuit à chaque passage devant l'**ILS** (**I**nterrupteur à **L**ames **S**ouples). On récupère alors un signal carré **u_1** dont la fréquence varie avec la vitesse du vent.*

*Le signal **u_1** est appliqué à l'**étage A** qui le transforme en un signal sinusoïdal **u_2** de même fréquence. **(Figure : 6)***

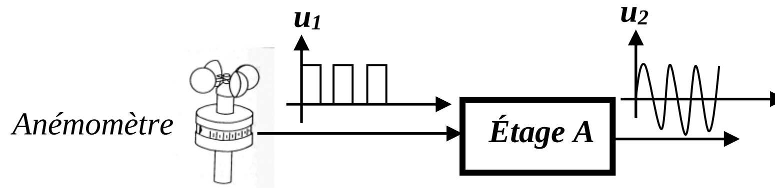


Fig. : 6

*La tension **u_2** est ensuite appliquée à un circuit de conversion fréquence/tension constitué de deux étages B et C.*

*Étage B circuit déphaseur (**Figure 7**)*

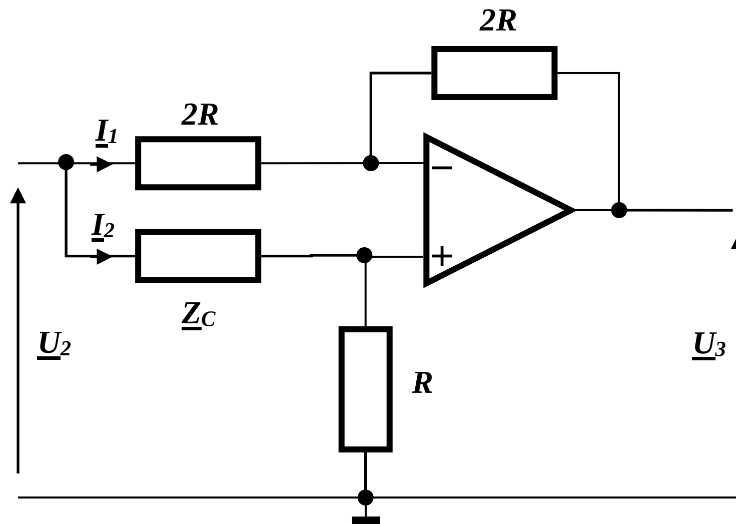


Fig. 7

Remarque** : les amplificateurs opérationnels fonctionnent en régime linéaire, sont considérés parfaits et alimentés en ± **15V.

Q31:** Exprimer **$\underline{I}_1$** en fonction de **$\underline{U}_2$, $\underline{U}_3$ et R. **2 pts**

Q32:** Exprimer **$\underline{V}^-$** ($\underline{V}^-$: Tension de l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel par rapport à la masse) en fonction de **$\underline{U}_2$ et $\underline{U}_3$. **2 pts**

Q33:** Exprimer **$\underline{V}^+$** ($\underline{V}^+$: Tension de l'entrée non inverseuse de l'amplificateur opérationnel par rapport à la masse) en fonction de **$\underline{U}_2$, $\underline{Z}_C$ et R. **2 pts**

***Q34:** **$\underline{Z}_C$** étant l'impédance complexe du condensateur **C** ($\underline{Z}_C = \frac{1}{jC\omega}$), montrer que la fonction de transfert **$\underline{T}$** s'écrit :* $\underline{T} = \frac{\underline{U}_3}{\underline{U}_2} = \frac{j\frac{f}{f_0} - 1}{j\frac{f}{f_0} + 1}$; *avec* $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$. **4 pts**

***Q35:** Compléter le tableau en précisant les valeurs du module et de l'argument de **$\underline{T}$** pour chaque valeur de la fréquence **f**.* **3 pts**

*Les signaux $\underline{U}_2$ et $\underline{U}_3$ sont appliqués aux entrées de **l'étage C (figure : 8)** qui délivre à sa sortie le signal sinusoïdal u_4 dont l'amplitude varie avec la fréquence de u_1, donc avec la vitesse du vent. Il suffit alors de redresser u_4, de l'adapter et de récupérer sa valeur moyenne (fonctions réalisées par **l'étage D**)*

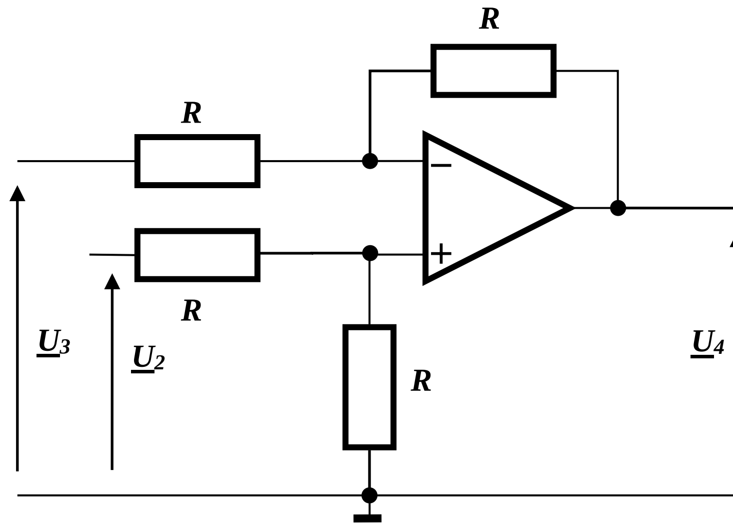


Fig. 8

Q36: *Donner l'expression de $\underline{U}_4$ en fonction de $\underline{U}_2$ **et** $\underline{U}_3$.* 3pts

Q37: *Montrer que la fonction de transfert $\underline{T}' = \frac{\underline{U}_4}{\underline{U}_2}$ peut s'écrire sous la forme :*

$\underline{T}' = 1 - \underline{T} = \frac{\underline{U}_4}{\underline{U}_2} = \frac{2}{1 + j\frac{f}{f_0}}$; *avec* $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$ *en déduire le module **de $\underline{T}'$**.* 4 pts

▪ ***Tâche 2 : Commande du frein.***

*On rappelle que le frein n'est actif que lorsque la vitesse du vent est inférieure à v_{MIN} **= 4,7 m/s** ou supérieure à v_{MAX} **= 24,7 m/s**.*

La tension U_{An} délivrée par l'anémomètre est liée à la vitesse du vent par la relation :

$U_{An} = k.v$, *avec **k = 0,34 V.s/m** coefficient de linéarité, et **v** : vitesse du vent en **m/s**.*

Q38: *Calculer alors les valeurs des seuils U_{An_MIN} et U_{An_MAX} de la tension U_{An}.* 2 pts

*Si la vitesse du vent est trop faible (inférieur à **4,7 m/s**) ou trop grande (supérieure à **24,7 m/s**), on lance une temporisation de **30 secondes**. Passé ce délai, si la vitesse du vent revient à sa valeur normale (comprise entre **4,7** et **24,7 m/s**) on laisse tourner les pales, sinon le frein arrête l'éolienne.*

*On précise que la tension U_{An} est directement appliquée à l'entrée **IE** du module logique Zelio. C'est ainsi que l'entrée **IE** est utilisée en tant qu'entrée analogique : le contact A1 (A1 : bit interne de l'automate) **reste fermé tant que U_{An} reste comprise entre** U_{An_MIN} **et** U_{An_MAX}. ($U_{An_MIN} \le U_{An} \le U_{An_MAX}$) c'est-à-dire tant que **4,7 m/s ≤ v ≤ 24,7 m/s**.*

Q39: *En vous aidant des données des documents ressources **DRES 01** et **DRES 02**, compléter le programme à contacts de la commande du frein.* 6 pts

DRES 01

Structure et schéma de câblage de l'éolienne

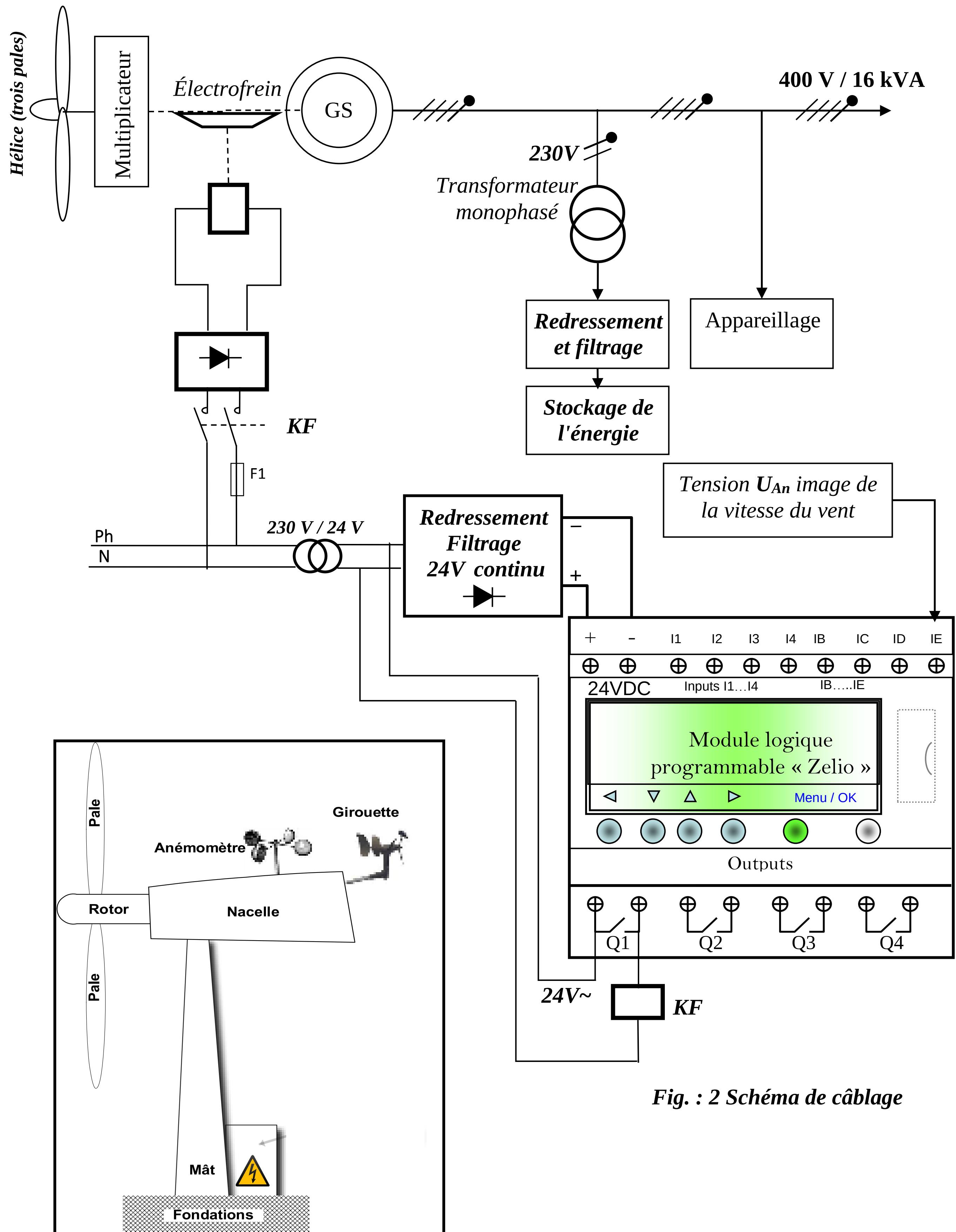


Fig. : 2 Schéma de câblage

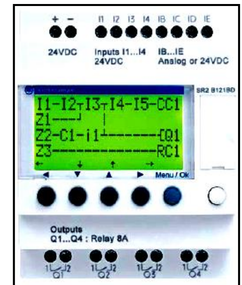
Fig. : 1 Structure de l'éolienne

DRES 02

MODULE LOGIQUE ZELIO SR2B121BD

1. PRESENTATION

*Caractéristiques principales du module logique **Zelio SR2 B121BD** :*



- *4 entrées **TOR** : I_1, I_2, I_3 et I_4 et 4 entrées mixtes (TOR/Analogique) : I_B, I_C, I_D et I_E ;*
- *4 sorties à relais : Q_1, Q_2, Q_3 et Q_4 ;*
- *Interface Homme/machine avec boutons et affichage **LCD** ;*
- *Langages de programmation : **LADDER** et **FBD**.*
- *Alimentation en courant continu : **0 - 24V***
- ***Zelio** modèle **SR2 B121BD** possède **28 bits internes** : $M1$ à M_9 et M_A à M_V sauf **I, M** et **O.** Chaque bit M_i possède **:** plusieurs contacts + une bobine active sur état (contacteur) + une bobine active sur front montant + une bobine d'activation + une bobine de désactivation.*

2. RECAPUTILATIF DE L'AFFECTATION DES ENTREES/SORTIES

Sorties

Action	Actionneur/Préactionneur	Sortie API
Freinage	Électro-aimant/ Contacteur KF	Q_1

Entrées

Information	Capteur	Entrée API
Vitesse du vent	Anémomètre analogique	I_E

3. Fonction Temporisateur (Travail, commande maintenue (A))

Description

La fonction Temporisateurs permet de retarder, prolonger et commander des actions pendant un temps déterminé. Ces temps sont paramétrables à l'aide d'une ou deux valeurs de présélections suivant les types de temporisateur.

Le module logique dispose de 16 blocs fonction temporisateur, numérotés de 1 à 9, puis de A à G
À chaque temporisateur sont associés 2 bobines **TTx** *et* **RTx : x : numéro du temporisateur.**

- *L'excitation de la bobine* **TTx** *démarre la temporisation.*
- *L'excitation de la bobine* **RTx** *remet à zéro la temporisation.*
- *Le contact du temporisateur est schématisé par* **Tx** *ou* **tx***.*

L'excitation de la bobine a pour effet de remettre à zéro la valeur courante du temporisateur : le contact **T** *est désactivé et la fonction est prête pour un nouveau cycle de temporisation.*

Utilisation en contact

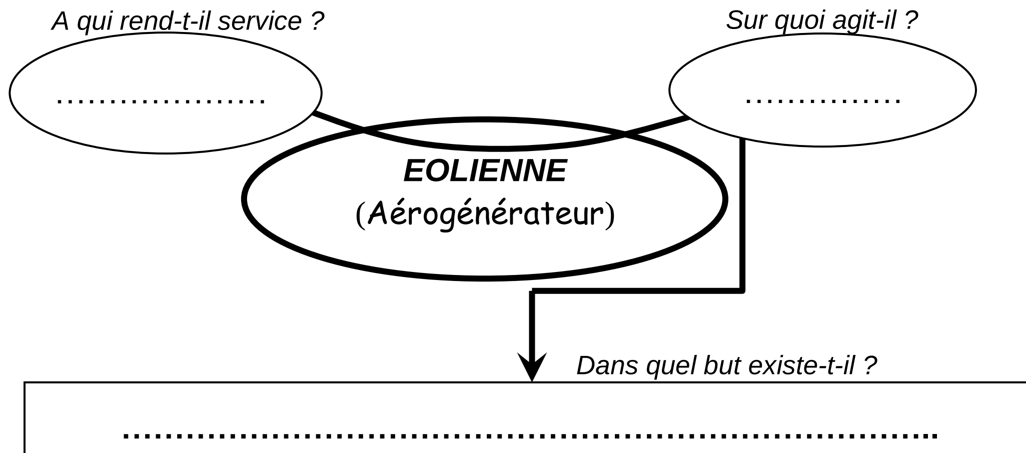
Le contact associé au temporisateur indique si la temporisation est terminée.
Il peut être utilisé selon 2 modes : normalement ouvert ou normalement fermé.

*Nous avons adopté dans les schémas les contacts électriques au lieu de la symbolisation utilisée en LADDER. **Exemple** : On a utilisera les symboles MC - mC - □. au lieu de MC - mC - ( )*

SEV 1 : Analyse fonctionnelle.

DREP 01

Q1:



Q2:

Produire l'énergie électrique à partir du vent

- *Convertir l'énergie*
  - *Convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique* → ……………………… ……………………
  - *Convertir l'énergie mécanique en énergie électrique* → ……………………… ……………………
- *Transmettre l'énergie mécanique* → ……………………… ……………………
- *Mesurer les paramètres du vent*
  - *Mesurer la vitesse du vent* → ……………………… ……………………
  - *Capter la direction du vent* → ……………………… ……………………
- *Superviser et contrôler l'éolienne* → ……………………… ……………………

DREP 02

SEV 2 : Étude de la transmission de puissance

Q3: *Calcul du couple d'entrée* C_4 *:*

……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………

Q4: *Calcul du couple de sortie* C_1 *:*

……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………

Q5: *Détermination du rapport global* **r** *du train épicycloïdal :*

……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………

Q6: *La formule de la condition d'entraxe :*

……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………

Q7: *Détermination du nombre des dents de satellite* Z_2 *et du planétaire* Z_1 *:*

……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………

Q8: *Justification de l'utilisation d'un tel accouplement :*

……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………

Q9: *l'utilité des éléments* **6** *et leur matière :*

……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………

Q10: *La liaison entre l'arbre* **1** *de l'hélice et cet accouplement et schéma :*

……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………
……………………………………………………………………………………………………

DREP 03

………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………

Q11: *Le rôle de l'élément* ***2*** *:*

………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………

Q12: *Compléter le dessin d'ensemble:*

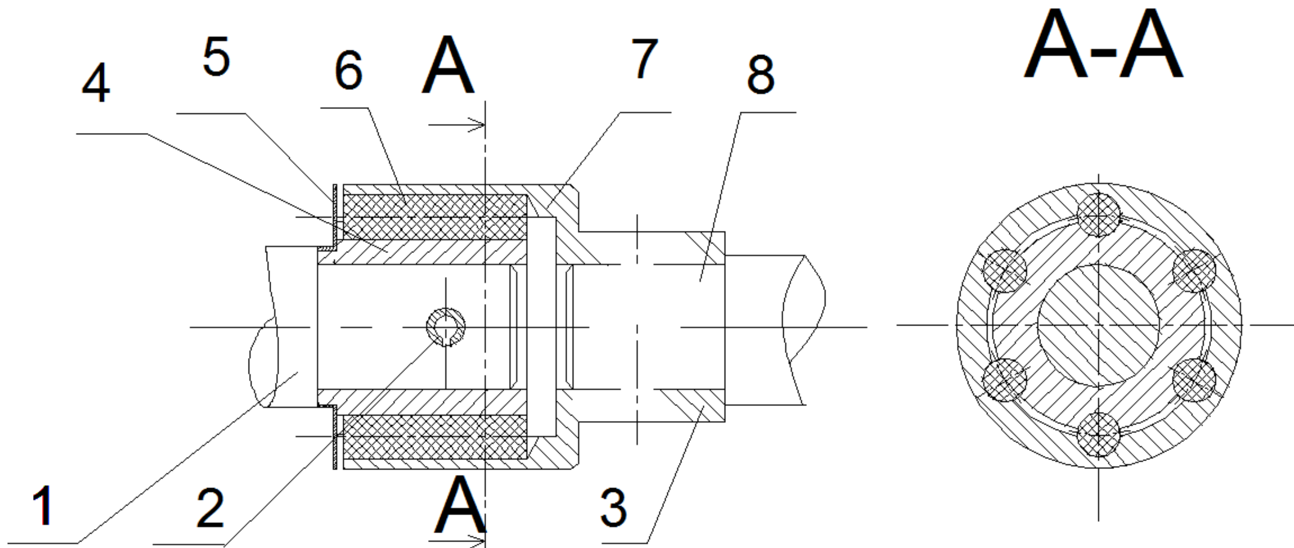


Fig. 4

SEV 3 : Étude énergétique

Q13: *Mode du couplage de l'alternateur:*

………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………

Q14: *Calcul de* I_N *:*

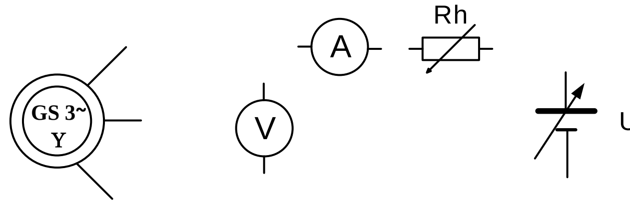
………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………

Q15: *Calcul du nombre de paires de pôles* ***p*** *:*

………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………

***Q16:** schéma de montage pour la mesure de **R** :*

Schéma de montage volt-ampéremétrique



***Q17:** Calcul de la résistance $\mathbf{R_s}$ d'un enroulement du stator :*

……
……
……

***Q18:** Expressions des fonctions U_O et I_{CC} :*

……
……
……
……
……

***Q19:** Calcul de l'impédance synchrone $\mathbf{Z_S}$ d'une phase du stator, puis de la réactance $\mathbf{X_S}$:*

……
……
……
……
Z_S=…………………………………………………………………………………………………
……
……
X_S=…………………………………………………………………………………………………
……
……

***Q20:** m* =……………………………………………………………………………………………

N_2=……………………………………………………………………………………………………

Q21: R_1=…………………………………………………………………………………………

Q22: Pj_0=…………………………………………………………………………………………

Q23: P_f=…………………………………………………………………………………………

Q24: R_s=…………………………………………………………………………………………

DREP 05

Q25: ....

....

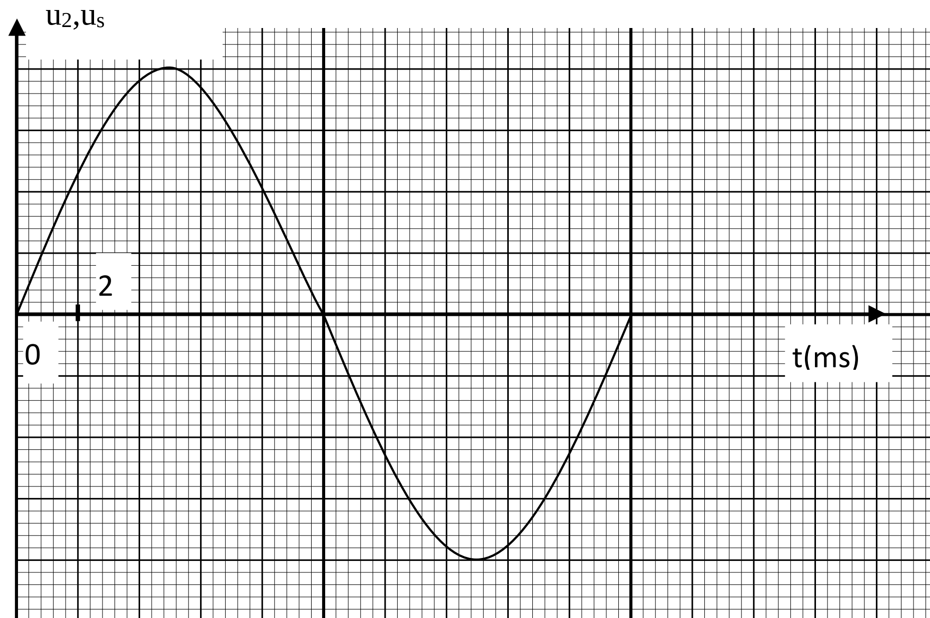
X_s=..

....

Q26: *Modèle équivalent du transformateur vu du secondaire :*

....
....
....
....
....

Q27:



Q28: ***f*** =..

Q29: U_{smoy}=..

Q30: U_{smoy}=..

U_2=..

DREP 06

SEV 4 : Étude de la commande du frein

Q31: *Expression de* $\underline{I}_1$ *en fonction de* $\underline{U}_2$, $\underline{U}_3$ ***et R :***

....
....
....
....
....

Q32: *Expression de* $\underline{V}^-$ *en fonction de* $\underline{U}_2$ *et* $\underline{U}_3$ *:*

....
....
....
....

Q33: *Expression de* $\underline{V}^+$ *en fonction de* $\underline{U}_2$, $\underline{Z}_C$ ***et R :***

....
....
....
....
....

Q34: *La fonction de transfert* $\underline{T}$ *s'écrit :* $\underline{T} = \dfrac{\underline{U}_3}{\underline{U}_2} = \dfrac{j\dfrac{f}{f_0} - 1}{j\dfrac{f}{f_0} + 1}$; *avec* $f_0 = \dfrac{1}{2\pi RC}$

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

Q35: *Les valeurs du module et de l'argument de* $\underline{T}$ *:*

	$f = 0$	$f = f_0$	$f \rightarrow \infty$
Module de $\underline{T}$	....	....	....
Argument de $\underline{T}$ ***(en radian)***	....	....	....

DREP 07

Q36: *L'expression de* $\underline{U}_4$ *en fonction de* $\underline{U}_2$ ***et*** $\underline{U}_3$ *:*

....

Q37: $\underline{T}' = 1 - \underline{T} = \frac{\underline{U}_4}{\underline{U}_2} = \frac{2}{1 + j\frac{f}{f_0}}$:

....

Q38: *Calcul des valeurs des seuils* U_{An_MIN} *et* U_{An_MAX} *de la tension* U_{An} *:*

....

Q39: *Programme à contacts de la commande du frein :*

